

(51) Int.Cl.⁶

識別記号

F I

G 0 3 F 1/08

G 0 3 F 1/08

A

G 0 2 B 5/18

G 0 2 B 5/18

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 6 頁)

(21) 出願番号

特願平10-10365

(22) 出願日

平成10年(1998) 1月22日

(71) 出願人 000002897

大日本印刷株式会社

東京都新宿区市谷加賀町一丁目1番1号

(72) 発明者 栗原正彰

東京都新宿区市谷加賀町一丁目1番1号大

日本印刷株式会社内

(72) 発明者 瀬川敏一

東京都新宿区市谷加賀町一丁目1番1号大

日本印刷株式会社内

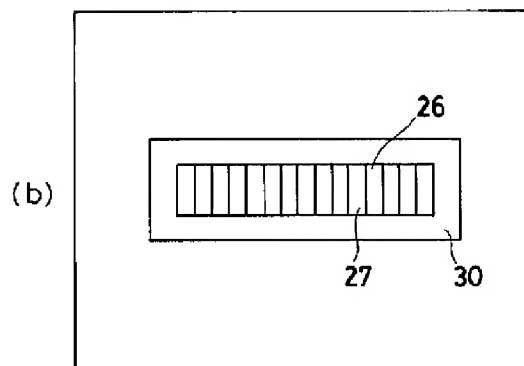
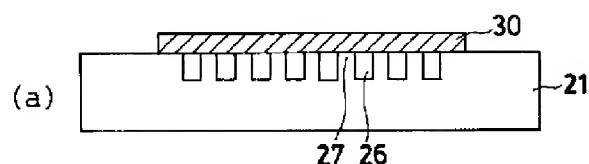
(74) 代理人 弁理士 菲澤 弘 (外7名)

(54) 【発明の名称】 回折格子形成用位相マスク

(57) 【要約】

【課題】 位相マスクの表面に異物や光ファイバーから昇華された樹脂等が付着しても形成される回折格子に欠陥が生じ難い回折格子形成用位相マスク。

【解決手段】 透明基板の1面に格子状の凹溝26と凸条27の繰り返しパターンが設けられ、その繰り返しパターンによる回折光相互の干渉縞により回折格子を形成する位相マスク21において、凹溝26と凸条27の繰り返しパターンが設けられた表面上に光学的に透明な保護層30が設けられてなる回折格子形成用位相マスク。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 透明基板の1面に格子状の凹溝と凸条の繰り返しパターンが設けられ、その繰り返しパターンによる回折光相互の干渉縞により回折格子を形成する位相マスクにおいて、凹溝と凸条の繰り返しパターンが設けられた表面上に光学的に透明な保護層が設けられてなることを特徴とする回折格子形成用位相マスク。

【請求項2】 請求項1において、前記保護層が板状あるいはフィルム状の SiO_2 、 CaF_2 、 MgF_2 、 ZrO 、 HfO 、フッ素系樹脂の何れかからなることを特徴とする回折格子形成用位相マスク。

【請求項3】 請求項1又は2において、前記保護層が厚さ0.1mm～2mmの板状あるいはフィルム状のものであることを特徴とする回折格子形成用位相マスク。

【請求項4】 透明基板の1面に格子状の凹溝と凸条の繰り返しパターンが設けられ、その繰り返しパターンによる回折光相互の干渉縞により回折格子を形成する位相マスクにおいて、凹溝と凸条の繰り返しパターンが設けられた表面上に、前記透明基板とは異なる屈折率の光学的に透明な材料層が、蒸着、CVD、スパッタリング、スピコート法等の膜形成法により少なくとも前記凹溝を充填するように設けられ、かつ、その露出表面が平坦に研磨されてなることを特徴とする回折格子形成用位相マスク。

【請求項5】 請求項4において、前記透明基板が石英からなり、前記材料層が CaF_2 、 MgF_2 、 ZrO 、 HfO 、フッ素系樹脂の何れかからなることを特徴とする回折格子形成用位相マスク。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、回折格子形成用位相マスクに関し、特に、光通信等に用いられる光ファイバー内に紫外線レーザー光を用いて回折格子を作成するための位相シフトマスクに関するものである。

【0002】

【従来の技術】光ファイバーは地球規模の通信に大革新をもたらし、高品質、大容量の大洋横断電話通信を可能にしたが、従来より、この光ファイバーに沿ってコア内に周期的に屈折率分布を作り出し、光ファイバー内にブラック回折格子を作り、その回折格子の周期と長さ、屈折率変調の大きさによって回折格子の反射率の高低と波長特性の幅を決めることにより、その回折格子を光通信用の波長多重分割器、レーザーやセンサーに使用される狭帯域の高反射ミラー、ファイバーアンプにおける余分なレーザー波長を取り除く波長選択フィルター等として利用することが知られている。

【0003】しかし、石英光ファイバーの減衰が最小となり、長距離通信システムに適している波長は1.55 μm であることにより、この波長で光ファイバー回折格子を使用するためには、格子間隔を約500nmとする

必要があり、このような細かい構造をコアの中に作ることで自体が当初は難しいとされており、光ファイバーのコア内にブラック回折格子を作るのに、側面研磨、フォトリソプロセス、ホログラフィー露光、反応性イオンビームエッチング等からなる何段階もの複雑な工程がとられていた。このため、作製時間が長く、歩留まりも低かった。

【0004】しかし、最近、紫外線を光ファイバーに照射し、直接コア内に屈折率の変化をもたらし回折格子を作る方法が知られるようになり、この紫外線を照射する方法は複雑なプロセスを必要としないため、周辺技術の進歩と共に次第に実施されるようになってきた。

【0005】この紫外光を用いる方法の場合、上記のように格子間隔が約500nmと細かいため、2本の光束を干渉させる干渉方法、(エキシマレーザーからのシングルパルスを集光して回折格子面を1枚ずつ作る)1点毎の書き込みによる方法、グレーティングを持つ位相マスクを使って照射する方法等がとられている。

【0006】上記の2光束を干渉させる干渉方法には、横方向のビームの品質、すなわち空間コヒーレンスに問題があり、1点毎の書き込みによる方法には、サブミクロンの大きさの緻密なステップ制御が必要で、かつ光を小さく取り込み多くの面を書き込むことが要求され、作業性にも問題があった。

【0007】このため、上記問題に対応できる方法として、位相マスクを用いる照射方法が注目されるようになってきたが、この方法は図4(a)に示すように、石英基板の1面に凹溝を所定のピッチで所定の深さに設けた位相シフトマスク21を用いて、KrFエキシマレーザー光(波長:248nm)23をそのマスク21照射し、光ファイバー22のコア22Aに直接屈折率の変化をもたらし、グレーティング(格子)を作製するものである。なお、図4(a)には、コア22Aにおける干渉縞パターン24を分かりやすく拡大して示してある。図4(b)、図4(c)はそれぞれ位相マスク21の断面図、それに対応する上面図の一部を示したものである。位相マスク21は、その1面に繰り返しピッチPで深さDの凹溝26を設け、凹溝26間に略同じ幅の凸条27を設けてなるバイナリー位相型回折格子状の構造を有するものである。

【0008】位相マスク21の凹溝26の深さ(凸条27と凹溝26との高さの差)Dは、露光光であるエキシマレーザー光(ビーム)23の位相を π ラジアンだけ変調するように選択されており、0次光(ビーム)25Aは位相シフトマスク21により5%以下に抑えられ、マスク21から出る主な光(ビーム)は、回折光の35%以上を含むプラス1次の回折光25Bとマイナス1次の回折光25Cに分割される。このため、このプラス1次の回折光25Bとマイナス1次の回折光25Cによる所定ピッチの干渉縞の照射を行い、このピッチでの屈折率変

化を光ファイバー２２内にもたらしものである。

【０００９】

【発明が解決しようとする課題】このような位相マスク２１を用いてプラス１次光２５Ｂとマイナス１次光２５Ｃの干渉により光ファイバー２２内に回折格子を作る場合、位相マスク２１の表面に異物が付着していると、光ファイバー２２に露光される回折格子に欠陥が生じ、回折格子の特性スペクトル中にノイズが発生してしまう。

【００１０】また、図４（ａ）のような配置で紫外線２５Ｂ、２５Ｃを光ファイバー２２に照射すると、光ファイバー２２を被覆している樹脂が紫外線２５Ｂ、２５Ｃにより昇華し、位相マスク２１中の溝２６を埋めてしまい、同様に光ファイバー２２に露光される回折格子に欠陥が生じる問題があった。

【００１１】本発明は従来技術のこのような問題点に鑑みてなされたものであり、その目的は、位相マスクの表面に異物や光ファイバーから昇華された樹脂等が付着しても形成される回折格子に欠陥が生じ難い回折格子形成用位相マスクを提供することである。

【００１２】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成する本発明の回折格子形成用位相マスクは、透明基板の１面に格子状の凹溝と凸条の繰り返しパターンが設けられ、その繰り返しパターンによる回折光相互の干渉縞により回折格子を形成する位相マスクにおいて、凹溝と凸条の繰り返しパターンが設けられた表面上に光学的に透明な保護層が設けられてなることを特徴とするものである。

【００１３】この場合、その保護層が板状あるいはフィルム状の SiO_2 、 CaF_2 、 MgF_2 、 ZrO 、 HfO 、フッ素系樹脂の何れかからなることが望ましい。

【００１４】また、その保護層が厚さ０．１ｍｍ～２ｍｍの板状あるいはフィルム状のものであることが望ましい。

【００１５】上記目的を達成する本発明のもう１つの回折格子形成用位相マスクは、透明基板の１面に格子状の凹溝と凸条の繰り返しパターンが設けられ、その繰り返しパターンによる回折光相互の干渉縞により回折格子を形成する位相マスクにおいて、凹溝と凸条の繰り返しパターンが設けられた表面上に、前記透明基板とは異なる屈折率の光学的に透明な材料層が、蒸着、ＣＶＤ、スパッタリング、スピコート法等の膜形成法により少なくとも前記凹溝を充填するように設けられ、かつ、その露出表面が平坦に研磨されてなることを特徴とするものである。

【００１６】この場合、透明基板が石英からなり、その材料層が CaF_2 、 MgF_2 、 ZrO 、 HfO 、フッ素系樹脂の何れかからなることが望ましい。

【００１７】本発明においては、凹溝と凸条の繰り返しパターンが設けられた表面上に光学的に透明な保護層が設けられてなるか、あるいは、透明基板とは異なる屈折

率の光学的に透明な材料層が、蒸着、ＣＶＤ、スパッタリング、スピコート法等の膜形成法により少なくとも凹溝を充填するように設けられ、かつ、その露出表面が平坦に研磨されてなるので、位相マスクの表面に異物や光ファイバーから昇華された樹脂等が付着しても、格子状の凹溝と凸条の繰り返しパターン自体は維持されるので、光ファイバー等に形成される回折格子に欠陥が生じることはない。また、その異物や光ファイバーから昇華された樹脂等は拭き取り等により容易に除去できる。

【００１８】

【発明の実施の形態】以下に、本発明の回折格子形成用位相マスクをその基本構成とその製造方法に１例に基づいて説明する。図１は、この発明による１実施例の回折格子形成用位相マスクの断面図（ａ）と平面図（ｂ）であり、位相マスク本体２１は、従来のものと同様、石英ガラス等の紫外線に対して透明な基板の１面に所定の繰り返しピッチと深さで交互に凹溝２６と凸条２７を設けてなるバイナリー位相型回折格子状のものである。本発明による位相マスクは、この凹溝２６と凸条２７が設けられた表面、特に、凹溝２６の中に異物が入ったり、光ファイバーを被覆している樹脂が紫外線により昇華してその中に付着するのを防止するために、その表面を板状あるいはフィルム状の保護層３０で覆う。この保護層３０としては、厚さ０．１ｍｍ～２ｍｍの紫外線に対して透明な SiO_2 、 CaF_2 、 MgF_2 、 ZrO 、 HfO 、フッ素系樹脂等の何れかからなる板状体あるいはフィルムを位相マスク本体２１の凹溝２６と凸条２７が設けられた表面に貼り付けて構成するのが好ましい。

【００１９】このような構成であると、凹溝２６と凸条２７が設けられた表面を光ファイバー２２（図４）側に向けて接触あるいはわずかに離間して位相マスクを配置し、その裏面側から紫外線レーザ光２３を照射した場合に、光ファイバー２２の被覆からその紫外線により昇華した樹脂等が位相マスクに付着しても、保護層３０上に付着するのみであり、凹溝２６中には付着しないので、格子状の凹溝２６と凸条２７の繰り返しパターン自体は維持されるため、光ファイバー２２に形成される回折格子に欠陥が生じることはない。また、このようにして付着した樹脂等の異物は、保護層３０表面を拭き取るだけで容易に除去できる。

【００２０】本発明のもう１つの実施例の回折格子形成用位相マスクの断面図を図２に示す。この位相マスクは、従来のものと同様に、石英ガラス等の紫外線に対して透明な基板の１面に所定の繰り返しピッチと深さで交互に凹溝２６と凸条２７を設けてなるバイナリー位相型回折格子状の位相マスク本体２１の凹溝２６と凸条２７が設けられた表面に、図２（ａ）に示すように、その透明基板とは異なる屈折率の紫外線に透明な CaF_2 、 MgF_2 、 ZrO 、 HfO 、フッ素系樹脂等の材料層３１を、蒸着、ＣＶＤ、スパッタリング、スピコート法等

の膜形成法により、少なくとも凹溝26を充填するように成膜する。

【0021】その後、図2(b)に示すように、その材料層31の露出表面をCMP(chemical mechanical polishing)法等の研磨法により平坦に研磨することにより、凹溝26がこの透明基板と異なる屈折率の材料31により充填され、表面が平面の位相マスクが得られる(凸条27上に材料層31の一部が残るように研磨してもよいし、凸条27の一部が研磨により低くなるように研磨してもよい)。

【0022】このようにして得られた位相マスクも、図1のものの場合と同様に、光ファイバー22の被覆からその紫外線により昇華した樹脂等が位相マスクに付着しても、平坦な表面上に付着するのみであり、凹溝26中には付着しないので、格子状の凹溝26と凸条27の繰り返しパターン自体は維持されるため、光ファイバー22に形成される回折格子に欠陥が生じることはない。また、このようにして付着した樹脂等の異物は、平坦な表面を拭き取るだけで容易に除去できる。

【0023】図3は位相マスク本体21の製造工程の1例を示した断面図である。図3中、10は位相マスクのブランク、11は石英基板、12はクロム薄膜、12Aはクロム薄膜パターン、12Bはクロム薄膜開口部、13は電子線レジスト、13Aはレジストパターン、13Bはレジスト開口部、14は電子線(ビーム)、21は位相マスク、26は凹溝、27は凸条である。

【0024】まず、図3(a)に示すように、石英基板11上に150Å厚のクロム薄膜12をスパッタにて成膜したブランク10を用意した。クロム薄膜12は、後工程の電子線レジスト13に電子線14を照射する際のチャージアップ防止に役立ち、石英基板に凹溝26を作製する際のマスクとなるものであるが、クロム薄膜エッチングにおける解像性の点でもその厚さの制御は重要で、100~200Å厚が適当である。

【0025】次いで、図3(b)に示すように、電子線レジスト13としては、電子線レジストRE5100P(日立化成(株)製)を用い、厚さ400nmに塗布し、乾燥した。

【0026】この後、図3(c)に示すように、電子線レジスト13を電子線描画装置MEBESIII(ETEC社製)にて露光量 $1.2\mu\text{C}/\text{cm}^2$ で、凹溝26に対応する部分を電子ビーム14により露光した。

【0027】露光後、90℃で5分間ベーク(PEB: Post Exposure Baking)した後、2.38%濃度のTMAH(テトラメチルアンモニウムハイドロオキシド)で電子線レジスト13を現像し、図3(d)に示すような所望のレジストパターン13Aを形成した。なお、露光後のベーク(PEB)は電子ビーム14が照射された部分を選択的に感度アップするためのものである。

【0028】次いで、レジストパターン13Aをマスクとして、 CH_2Cl_2 ガスを用いてドライエッチングして、図3(e)に示すようなクロム薄膜パターン12Aを形成した。

【0029】次いで、図3(f)に示すように、クロム薄膜パターン12Aをマスクとして CF_4 ガスを用いて石英基板11を深さ240nmだけエッチングした。深さの制御はエッチング時間を制御することにより行われ、深さ200~400nmの範囲で制御してエッチングが可能である。

【0030】この後、図3(g)に示すように、70℃の硫酸にてレジストパターン13Aを剥離し、次いで、図3(h)に示すように、硝酸第二セリウムアンモニウム溶液によりクロム薄膜パターン12Aをエッチングして除去し、洗浄処理を経て、深さ240nm、ピッチ $1.070\mu\text{m}$ のライン(凸条27)&スペース(凹溝26)の位相マスク本体21を完成した。

【0031】続いて、厚さ0.5mmの合成石英板を作成された位相マスク本体21のライン&スペース・パターンを覆うように貼り合わせることで、図1に示すような本発明の位相マスクを得ることができた。

【0032】以上、本発明の回折格子形成用位相マスクを実施例に基づいて説明してきたが、本発明はこれら実施例に限定されず種々の変形が可能である。

【0033】

【発明の効果】以上の説明から明らかなように、本発明の回折格子形成用位相マスクによると、凹溝と凸条の繰り返しパターンが設けられた表面上に光学的に透明な保護層が設けられてなるか、あるいは、透明基板とは異なる屈折率の光学的に透明な材料層が、蒸着、CVD、スパッタリング、スピコート法等の膜形成法により少なくとも凹溝を充填するように設けられ、かつ、その露出表面が平坦に研磨されてなるので、位相マスクの表面に異物や光ファイバーから昇華された樹脂等が付着しても、格子状の凹溝と凸条の繰り返しパターン自体は維持されるので、光ファイバー等に形成される回折格子に欠陥が生じることはない。また、その異物や光ファイバーから昇華された樹脂等は拭き取り等により容易に除去できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明による1実施例の回折格子形成用位相マスクの断面図と平面図である。

【図2】本発明による別の実施例の回折格子形成用位相マスクの断面図である。

【図3】位相マスク本体の製造工程の1例を示した断面図である。

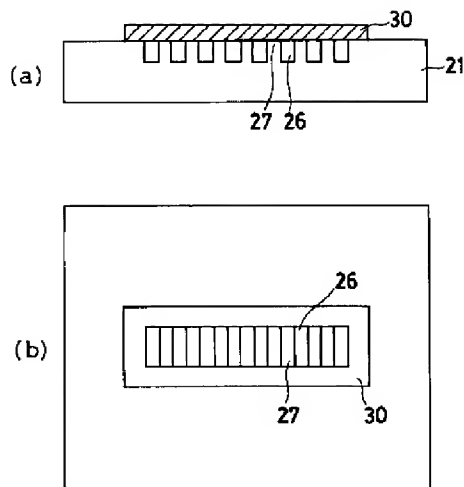
【図4】光ファイバー加工とそれに用いられる位相マスクを説明するための図である。

【符号の説明】

10…位相マスクのブランク

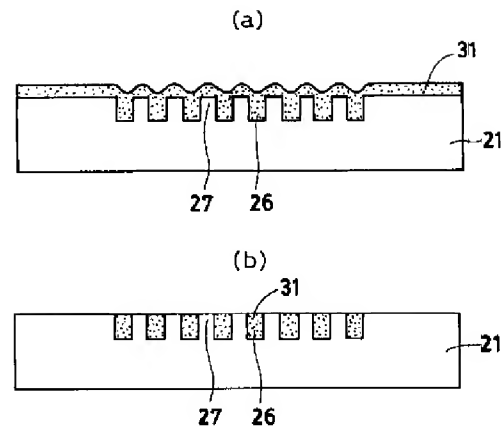
1 1 …石英基板
 1 2 …クロム薄膜
 1 2 A …クロム薄膜パターン
 1 2 B …クロム薄膜開口部
 1 3 …電子線レジスト
 1 3 A …レジストパターン
 1 3 B …レジスト開口部
 1 4 …電子線（ビーム）
 2 1 …位相シフトマスク（本体）
 2 2 …光ファイバー

【図 1】

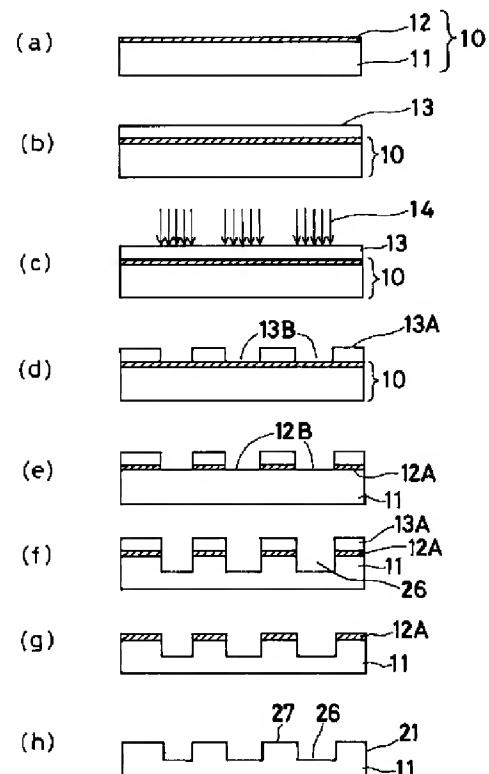


2 2 A …光ファイバーのコア
 2 3 …K r F エキシマレーザ光
 2 4 …干渉縞パターン
 2 5 A …0 次光（ビーム）
 2 5 B …プラス 1 次回折光
 2 5 C …マイナス 1 次回折光
 2 6 …凹溝
 2 7 …凸条
 3 0 …保護層
 3 1 …透明材料層

【図 2】



【図 3】



【図4】

